

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-339727

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

G11B 7/095

(21)Application number : 2000-146521

(71)Applicant : LG ELECTRONICS INC

(22)Date of filing : 18.05.2000

(72)Inventor : SAN ON PAKU  
SONG PYO HON

(30)Priority

Priority number : 99 9917870

Priority date : 18.05.1999

Priority country : KR

99 9918895

25.05.1999

99 9918899

25.05.1999

KR

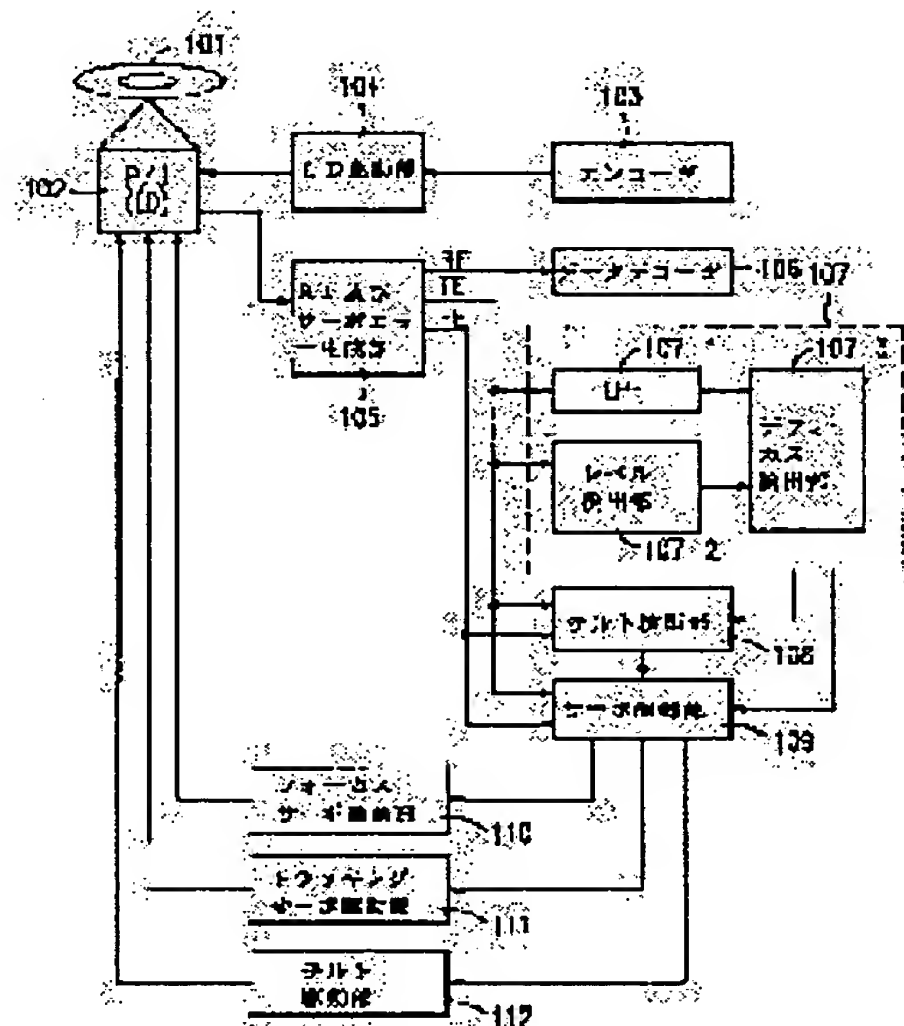
KR

## (54) RECORDING AND REPRODUCING METHOD FOR OPTICAL RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate defocus by storing servo information in a table type at specified plural positions rotating a recording medium in a state in which only focus control is operated, and performing tracking control of the position by utilizing servo information made a table type at the time of recording/reproducing.

SOLUTION: A disk 101 is loaded, zero of defocus at the initial position is searched, a level of a tracking error signal and a level of a focus error signal are stored on the basis of a defocus offset value as reference, successively, a position of the maximum value of a tracking error signal at a moved position is obtained. Information for zero of defocus and zero of tilt at specified all positions is detected and stored, and loci of tilt and defocus are obtained. Further, control compensation is performed so that a value of difference between a level of a focus error signal and a reference level obtained at the position at the time of tilt control is in a range of a stored reference value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-339727

(P2000-339727A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G11B 7/095

識別記号

FI

G11B 7/095

テーマコード(参考)

B

C

G

審査請求 有 請求項の数16 OL (全12頁)

(21) 出願番号 特願2000-146521 (P2000-146521)

(22) 出願日 平成12年5月18日 (2000.5.18)

(31) 優先権主張番号 17870/1999

(32) 優先日 平成11年5月18日 (1999.5.18)

(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(31) 優先権主張番号 18895/1999

(32) 優先日 平成11年5月25日 (1999.5.25)

(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(31) 優先権主張番号 18899/1999

(32) 優先日 平成11年5月25日 (1999.5.25)

(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 590001669

エルジー電子株式会社

大韓民国, ソウル特別市永登浦区汝矣島洞  
20

(72) 発明者 サン・オン・パク

大韓民国・キョンギード・ソンナム・シ・  
ブندان・ク・クンゴック・ドン・142・  
813-501

(72) 発明者 ソン・ピョ・ホン

大韓民国・ソウル・ソチョーク・バンボ4  
ードン・46・サエソウル アパートメン  
ト・304

(74) 代理人 100064621

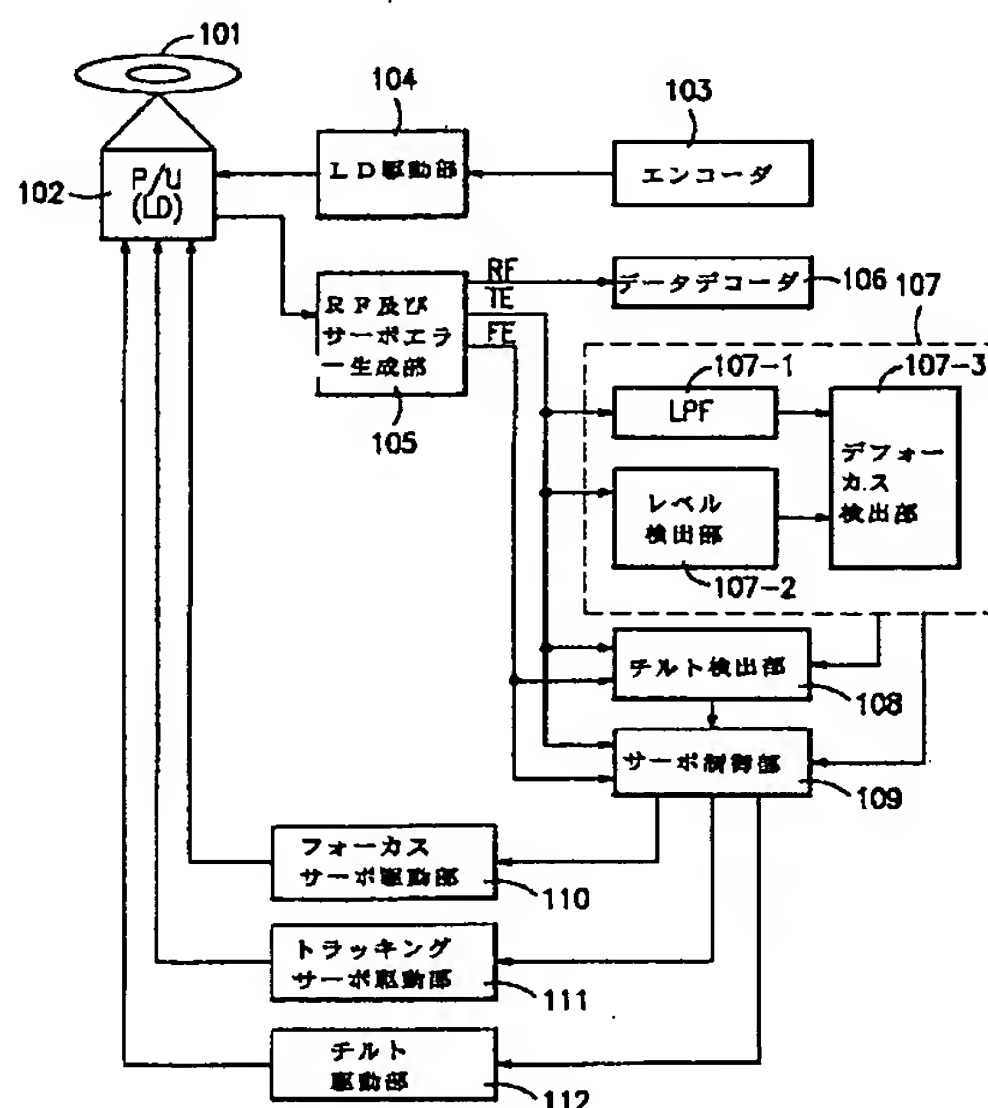
弁理士 山川 政樹

(54) 【発明の名称】 光記録媒体の記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 高密度の光記録媒体システムにおいて光記録媒体のデフォーカス及びチルトを検出してこれを補償する方法を提供する。

【解決手段】 フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態でディスクの内周及び外周の多数の位置でトラッキングエラー信号のレベルの最大となる時のデフォーカスオフセット量、この時のチルトの方向及び大きさを検出してチルトを調整し、調整した値をマップ状態で記憶し、実際のデータ記録/再生中に該当位置で記憶された値を用いてチルトとフォーカス制御を行う。それにより、記録及び再生時のチルト及びデフォーカスに起因するデータ品質の低下を防止し、フォーカス制御を早く安定化させてリアルタイム記録を可能にし、システムを安定的に動作させることができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光記録媒体の指定された位置にレーザを入射した後その反射光をピックアップする光ピックアップの電気的な信号を用いてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出してトラッキング制御とフォーカス制御を行う光記録媒体の記録再生方法であって、前記光記録媒体が装填されると、フォーカス制御だけ動作させた状態で光記録媒体を回転させながら指定された複数の位置でサーボ情報を検出する段階と、

前記各位置毎のサーボ情報をテーブル化して記憶する段階と、

データの記録／再生時に前記テーブル化されたサーボ情報を利用して該当位置のトラッキング制御を行う段階とを備えることを特徴とする光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 2】 前記サーボ情報検出段階は前記光記録媒体の回転により検出されるトラッキングエラー信号のレベルが最大となる時点をフォーカスされた状態と判定し、その時点でのデフォーカスオフセット量を検出する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 3】 前記デフォーカスオフセット量を変化させながら前記トラッキングエラー信号のレベルの最大となる時点を検出することを特徴とする請求項 2 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 4】 前記サーボ情報検出段階は前記フォーカスされた状態でチルトの大きさ及び方向を検出してチルトゼロになるようにチルトを調整した後、調整された値を検出する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 2 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 5】 前記サーボ情報検出段階は、指定された位置でフォーカス制御だけ動作させた状態で光記録媒体を回転させてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出する段階と、前記トラッキングエラー信号のレベルからチルトの大きさを検出し、前記フォーカスエラー信号と予め設定した基準レベルとの差からチルトの方向を検出する段階と、前記段階で検出されたチルトの大きさ及び方向でチルト制御を行ってチルトゼロを検出する段階と、前記段階でチルトゼロが検出されると、その時のトラッキングエラー信号のレベルとフォーカスエラー信号のレベルを検出する段階とを備えることを特徴とする請求項 4 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 6】 前記チルトゼロ検出段階は前記トラッキングエラー信号のレベルが最大でかつ前記フォーカスエラー信号と基準レベルとの差が一定範囲内にあればチルトゼロと判定することを特徴とする請求項 5 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 7】 前記チルト方向検出段階は前記フォーカスエラー信号のピークをホールドさせた後、基準レベルとの差を求めてチルトの方向を検出することを特徴とす

2

る請求項 5 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 8】 前記記憶段階はフォーカスされた状態のデフォーカスオフセット値、チルトゼロ状態のトラッキングエラー信号のレベル、及びフォーカスエラー信号のレベルと基準レベルとの差を基準値として記憶することを特徴とする請求項 1 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 9】 前記制御実行段階はデータ記録／再生中に該地点でトラッキングエラー信号のレベルを検出した後、前記記憶段階で基準値として記憶されたトラッキングエラー信号のレベルとの比較でチルトの大きさを検出する段階と、

前記該地点でフォーカスエラー信号を検出して基準レベルとの差を求めた後、前記記憶段階で基準値として記憶された差との比較でチルトの方向を検出する段階と、前記段階で検出されたチルトの大きさ及び方向でチルトサーボを行う段階とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 10】 チルトを調整した後、記憶されたデフォーカスオフセット値を用いて該当位置のデフォーカスを検出して補償する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 9 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 11】 前記制御実行段階はトラックジャンプ時に該時点でトラッキングエラー信号のレベルを検出した後、前記記憶段階で基準値として記憶されたトラッキングエラー信号のレベルとの比較でチルトの大きさを検出する段階と、

前記該地点でフォーカスエラー信号を検出して基準レベルとの差を求めた後、前記記憶段階で基準値として記憶された差との比較でチルトの方向を検出する段階と、前記段階で検出されたチルトの大きさ及び方向でチルト制御を行う段階とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 12】 チルトを調整した後、記憶されたデフォーカスオフセット値を用いて該当位置のデフォーカスを検出して補償する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 11 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 13】 前記サーボ情報検出段階は光記録媒体の内周と外周の特定位置でそれぞれ光記録媒体を回転させて各位置でのトラッキングエラー信号を求める段階と、

前記段階で求めた内周と外周のトラッキングエラー信号の差からチルトの大きさを検出する段階と、

前記チルトの大きさを減少させる方向にチルトを調節してチルトゼロを検出する段階とを備えることを特徴とする請求項 4 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 14】 前記段階のチルトの大きさは各位置のトラッキングエラー信号のセンタオフセットの差から検出することを特徴とする請求項 13 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 15】 前記チルト方向検出段階はチルトの方向を各位置のトラッキングエラー信号のセンタオフセット差の符号から検出することを特徴とする請求項 13 記載の光記録媒体の記録再生方法。

【請求項 16】 光記録媒体の指定された位置にレーザを入射した後、その反射光をピックアップする光ピックアップの電気的な信号を用いてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出してトラッキング制御とフォーカス制御を行う光記録媒体の記録再生方法であつて、

前記光記録媒体が装填されると、フォーカス制御だけ動作させた状態で前記光記録媒体を回転させてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出する段階と、

前記トラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号からチルト情報を検出してチルトゼロになるように調整した後、調整された値を基準値として記憶する過程を指定された各位置毎に行う段階と、

前記光記録媒体を動作させる際に、前記段階で記憶された基準値を光記録媒体の該当位置に適用してチルト補償を行うチルト制御段階とを備えることを特徴とする光記録媒体の記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光記録媒体システムに関し、特に光記録媒体のデフォーカスとチルトをそれぞれ検出してそれらを補償する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、光記録媒体は記録の可否に基づいて読取専用の ROM 型、1 回だけ記録可能な WORM 型、反復して記録可能な再記録可能型の 3 種類に大別される。この中で自由に繰り返して再記録可能な光記録媒体、例えば光ディスクには、再記録可能なコンパクトディスク (Rewritable Compact Disc: CD-RW)、再記録可能なデジタル多機能ディスク (Rewritable Digital Versatile Disc: DVD-RW, DVD-RAM, DVD+RW) 等がある。上記した再記録可能な光ディスク、特に DVD-RAM のような光ディスクは、ランドとグルーブを有する構造からなる信号トラックを形成させて情報信号が記録されていない空ディスクでもトラッキング制御できるようにし、記録密度を高めるためにランド／グルーブのトラックにそれぞれ情報信号を記録している。

【0003】 この際、光ディスクは、製造工程上樹脂の射出及び硬化過程でゆがむことがあり、これにより中心孔があっても偏心が発生することがある。また、ディスクのトラックが所定の規格のピッチで螺旋状に正確に記録されていても、中心孔の偏差により偏心が発生する。このように、ディスクは偏心を伴いながら回転するため、モータの中心軸とトラックの中心とを完ぺきに一致

させることが難しい。これにより、所望のトラックの信号だけを正確に読み取るのが難いため、CD、DVD 方式でずれの量に対して規格を決め、偏心が発生しても光ビームが常に所望のトラックを追跡できるようにトラッキング制御を行っている。トラッキング制御は、ビームトレース状態に対応する電子信号を作り、その信号に基づいて対物レンズ又は光ピックアップ本体を半径方向に動かしてビームの位置を修正してトラックを正確に追跡するようにする。

10 【0004】 一方、ビームが該当トラックから外れることはディスクの傾いている場合にも発生する。これは、ディスクをスピンドルモータに装着する時の誤差等のように機構的な問題により発生する。すなわち、フォーカシングとトラッキングとが正確に垂直方向で行われな

20 ために外れる。このように、ディスクの傾いている状態をチルトという。このチルトは、トラックピッチが広くてチルトマージンが大きい CD では別に問題にならなかった。ここで、チルトマージンとはディスクがどのくらい傾いていても補正できる量のことである。しかし、光ディスク等の光応用機器が高密度化するにしたがってトラックピッチが狭くなった DVD では、ジッタに対するラジアルチルトマージンが小さいため、チルトが少しだけ発生しても（つまり、ディスクがやや傾いても）ビームが隣のトラックへ移ってしまうデトラックが発生する。この場合にはトラッキング制御だけでは十分でない。すなわち、ビームがチルトにより隣のトラックへ移っても、ビームがトラックの中央にあれば、トラッキング制御ではトラックに正確に追従していると判断する。こう

30 なると、再生時にはデータを正確に読み取ることができなく、記録時には該当トラックに正確に記録することができなく、さらにこのように記録されたデータを再生すると二重歪を生ずる。

【0005】 上記のようなチルトを解決するための方法として、ピックアップ内にチルトの検出のための専用チルトセンサ、例えばチルト専用受光素子を別に設けてディスクのチルトを検出する方法がある。しかし、上記方法は効率が良くないのにセットのサイズが大きくなるという問題がある。

40 【0006】 一方、この種の光記録再生装置で情報を記録し、または記録された情報を再生するためには光ピックアップを通じてフォーカス制御を行う。フォーカス制御時、すなわちフォーカスサーボ時に光焦点がディスク面から外れていると（デフォーカスと称する）、記録及び再生時のデータ品質が低下し、これによりシステムの動作が不安定になるという問題がある。したがって、フォーカス制御は、光ピックアップ内のフォーカスアクチュエータを駆動させることで光ピックアップを上下動させて、光ディスクの回転に応じて追従させる。その際、フォーカスアクチュエータは、フォーカスエラー信号に応じて対物レンズを上下、例えばフォーカス軸方向に駆



5

動させることにより対物レンズと光ディスクとの距離を一定に維持させている。

【0007】ところで、DVD-RAMのようにランドとグルーブともにデータを記録可能な光ディスクでは、ランドとグルーブとの深さの差によりフォーカスオフセットが違いため、フォーカスエラー信号がゼロであってもデフォーカスになっていることがある。すなわち、ランドのトラックでフォーカスされていても、オフセット調整が行われていないため、これがそのままグルーブのトラックに適用されればランドとグルーブとの深さの差によりフォーカスされないことがある。また、グルーブのトラックでフォーカスされた場合にも同様にランドのトラックではランドとグルーブとの深さの差によりフォーカスされないデフォーカスが発生することがある。この時にはフォーカスエラー信号だけではデフォーカス状態が分からず、これによりジッタ特性が悪くなり、BER (Bit Error Rate) が大きくなる。もしこの状態で記録を行えば、ランドとグルーブとの記録特性が替わることがあるため、上記と同様に記録及び再生時のデータ品質が低下し、これによりシステムの動作が不安定になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング (free running) 状態で検出されたトラッキングエラー信号から正フォーカス時のデフォーカスオフセット量を検出して記憶した後、これを後の記録再生時に適用してデフォーカスを補償する光記録媒体の記録再生方法を提供することにある。本発明の他の目的は、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態で検出されたトラッキングエラー信号からディスクのチルトの大きさを検出し、フォーカスエラー信号からチルトの方向を検出して記憶した後、これを後の記録再生時に適用してチルトを補償する光記録媒体の記録再生方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達するための本発明の光記録媒体の記録再生方法は、光記録媒体が装填されると、フォーカス制御だけ動作させた状態で光記録媒体を回転させ、指定された複数の位置で制御情報を検出する段階と、各位置毎の制御情報をテーブル化して記憶する段階と、実際のデータ記録／再生時に前記テーブル化された制御情報を利用して該当位置の制御を行う段階とを備えることを特徴とする。

【0010】前記制御情報検出段階は、前記光記録媒体

6

の回転により検出されるトラッキングエラー信号のレベルが最大となる時点をフォーカスされた状態と判定し、その時点でのデフォーカスオフセット量を検出する段階をさらに備えることを特徴とする。前記デフォーカスオフセット量を変化させながら前記トラッキングエラー信号のレベルの最大となる時点を検出することを特徴とする。前記トラッキングエラー信号の平均値を求めてデフォーカスオフセット量を検出することを特徴とする。

【0011】前記制御情報検出段階は、前記フォーカスされた状態でチルトの大きさ及び方向を検出してチルトゼロになるようにチルトを調整した後、調整された値を検出する段階をさらに備えることを特徴とする。

【0012】前記制御情報検出段階は、指定された位置でフォーカス制御だけ動作させた状態で光記録媒体を回転させてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出する段階と、トラッキングエラー信号のレベルからチルトの大きさを検出し、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差からチルトの方向を検出する段階と、前記段階で検出されたチルトの大きさ及び方向でチルト制御を行ってチルトゼロを検出する段階と、前記段階でチルトゼロが検出されると、その時のトラッキングエラー信号のレベルとフォーカスエラー信号のレベルを検出する段階とを備えることを特徴とする。

【0013】前記チルトゼロ検出段階は、トラッキングエラー信号のレベルが最大でかつフォーカスエラー信号と基準レベルとの差が一定範囲内にあればチルトゼロと判定することを特徴とする。

【0014】前記記憶段階は、フォーカスされた状態のデフォーカスオフセット値、チルトゼロ状態のトラッキングエラー信号のレベル、そしてフォーカスエラー信号のレベルと基準レベルとの差を基準値として記憶することを特徴とする。

【0015】前記制御実行段階は、データ記録／再生中に該当地点でトラッキングエラー信号のレベルを検出した後、前記記憶段階で基準値として記憶されたトラッキングエラー信号のレベルとの比較でチルトの大きさを検出する段階と、該当地点でフォーカスエラー信号を検出して基準レベルとの差を求めた後、前記記憶段階で基準値として記憶された差との比較でチルトの方向を検出する段階と、前記段階で検出されたチルトの大きさ及び方向でチルト制御を行う段階とを備えることを特徴とする。

【0016】前記チルト制御実行段階は、まずチルトを調整した後、記憶されたデフォーカスオフセット値を用いて該当位置のデフォーカスを検出して補償する段階をさらに備えることを特徴とする。

【0017】前記制御情報検出段階は、光記録媒体の内周と外周の特定位置でそれぞれ光記録媒体を回転させて各位置でのトラッキングエラー信号を求める段階と、前記段階で求めた内周と外周のトラッキングエラー信号の

7

差からチルトの大きさを検出する段階と、前記チルトの大きさを減少させる方向にチルトを調節してチルトゼロを検出する段階とを備えることを特徴とする。前記段階のチルトの大きさは各位置のトラッキングエラー信号のセンタオフセットの差から検出することを特徴とする。前記チルト方向検出段階は、チルトの方向を各位置のトラッキングエラー信号のセンタオフセット差の符号から検出することを特徴とする。

【0018】本発明の光記録媒体の記録再生方法は、光記録媒体が装填されると、前記フォーカス制御だけ動作させた状態で光記録媒体を回転させてトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出する段階と、トラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号からチルト情報を検出してチルトゼロになるように調整した後、調整された値を基準値として記憶する過程を、指定された各位置毎に行う段階と、前記光記録媒体を利用するに際して前記段階で記憶された基準値を光記録媒体の該当位置に適用してチルト補償を行うチルト制御段階とを備えることを特徴とする。前記チルト情報検出段階はフォーカスされた状態で検出することを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態を添付図面を参照して詳述する。本発明は、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態で検出されるトラッキングエラー信号が最大となる時点をフォーカスされたと判定し、その時点でのデフォーカスオフセット量を検出した後、実際に記録／再生時にその検出されたデフォーカスオフセット量でフォーカス制御を行う。又、本発明は、上記のようなフォーカスされた状態でトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号からチルトの大きさと方向を検出してチルトゼロに調整した後、調整された値を記憶して実際に記録／再生時に適用してチルトを補償する。特に、かかる過程を内周、外周を含む多数の位置でそれぞれ行う。すなわち、フォーカス制御を動作させ、かつトラッキング制御を動作させずにピックアップを固定してディスクを回転させると、ディスクの偏心量だけトラッキングエラー信号が検出されるが、これをフリーランニング状態という。

【0020】図1は本発明に係るデフォーカス、チルトの検出及び補償のための光ディスク記録／再生装置の構成ブロック図であり、データを再記録可能な光ディスク101、光ディスク101に情報を記録し再生する光ピックアップ102、光ピックアップ102から出力される電気信号からRF及びサーボエラー信号を生成するRF及びサーボエラー生成部105、光ディスク101に記録するデータが発生すると、RF及びサーボエラー生成部105の制御信号により記録するデータを光ディスク101の要求するフォーマットの記録パルスに符号化するエンコーダ103、エンコーダ103の記録パルスをレーザダイオードLDの記録パワーに変換して光ピック

8

アップ102内のLDを駆動するLD駆動部104、RF及びサーボエラー生成部105で検出されたRF信号を処理してデータを復元するデータデコーダ106、RF及びサーボエラー生成部105から出力されるトラッキングエラー信号からデフォーカスを検出するデフォーカス判別部107、RF及びサーボエラー生成部105から出力されるトラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号からチルトを検出するチルト検出部108、RF及びサーボエラー生成部105で検出されたトラッキングエラー信号TEを信号処理してトラッキング駆動信号を発生し、デフォーカス判別部107で検出されたデフォーカスの大きさ及び方向に当たるフォーカス駆動信号を発生し、チルト検出部108で検出されたチルトの大きさ及び方向に当たるチルト駆動信号を発生するサーボ制御部109、サーボ制御部109から出力されるフォーカス駆動信号に基づいて光ピックアップ102を制御してデフォーカスを補償するフォーカスサーボ駆動部110、サーボ制御部109から出力されるトラッキング駆動信号が入力されて光ピックアップ102内のトラッキングアクチュエータを駆動するトラッキングサーボ駆動部111、及びサーボ制御部109から出力されるチルト駆動信号に基づいて光ピックアップ102を制御してチルトを補償するチルト駆動部112とから構成される。

【0021】ここで、チルト駆動部112はチルトサーボ機構であり、光ピックアップ又はディスク自体を動かしてチルトを補償する。デフォーカス判別部107は、トラッキングエラー信号TEをローパスフィルタリングして平均化するLPF107-1、前記トラッキングエラー信号TEのレベルTE v p pを検出するレベル検出部107-2、及びLPF107-1の出力とレベル検出部107-2の出力を用いて正フォーカス時のデフォーカスオフセット量を検出するデフォーカス検出部107-3とから構成される。また、光ピックアップ102はビームの光量を検出して電気的な信号に変換する光検出器を備え、光検出器は一例として図2に示すように光ディスク101の信号トラック方向と半径方向に分割、つまり4分割した4つの光検出素子PDA、PDB、PDC、PDDから構成される。

【0022】このように構成された本発明の光ディスク101の信号トラックはランド／グルーブの構造からなり、ランドとグルーブ双方のトラックでデータを記録又は再生することができる。したがって、光ディスク101の装着或いは記録／再生中に光ピックアップ102のレーザダイオードで発光したレーザ光は回転する光ディスク101の信号トラックに照射され、ここから反射する光は光検出器に入射する。光検出器は複数の光検出素子からなり、各々の光検出素子から得た光量に比例する電気信号がRF及びサーボエラー生成部105へ出力される。光検出器が図2に示すように構成されている場

合、光検出器は各々の光検出素子 PDA、PDB、PDC、PDD から得た光量に比例する電気信号 a、b、c、d を RF 及びサーボエラー生成部 105 へ出力する。

【0023】RF 及びサーボエラー生成部 105 は、電気信号 a、b、c、d を組み合わせてデータの再生に必要な RF 信号、サーボの制御に必要なリードチャネル 2 信号、フォーカスエラー信号等を生成する。ここで、RF 信号は光検出器から出力される電気信号を加算 ( $a + b + c + d$ ) して得られ、リードチャネル 2 信号は光検出器から出力される電気信号から ( $(a + d) - (b + c)$ ) を演算して得られ、トラッキングエラー信号 TE はリードチャネル 2 信号を加工して得られる。さらに、フォーカスエラー信号 FE は光検出器から出力される電気信号から ( $(a + c) - (b + d)$ ) を演算して得られる。もし光検出器がトラック方向に 2 分割された場合であれば、両フォトダイオード I1、I2 の光量バランスより RF 信号 ( $= I1 + I2$ )、リードチャネル 2 信号 ( $= I1 - I2$ ) を検出する。すなわち、図 2 の a + d が I1、b + c が I2 に該当する。RF 信号は再生のためにデータデコーダ 106 に出力され、FE、TE 等のサーボエラー信号はデフォーカス判別部 107、チルト検出部 108、及びサーボ制御部 109 に出力され、データの記録のための制御信号はエンコーダ 103 に出力される。

【0024】エンコーダ 103 は、記録するデータを光ディスク 101 の要求するフォーマットの記録パルスに符号化した後、制御信号により LD 駆動部 104 に出力し、LD 駆動部 104 は前記記録パルスに該当する記録パワーで光ピックアップ 102 の LD を駆動させて光ディスク 101 にデータを記録する。又、光ディスク 101 に記録されたデータを再生するときには、データデコーダ 106 は RF 及びサーボエラー生成部 105 で検出された RF 信号から本来の形態のデータを復元する。そして、サーボ制御部 109 はトラッキングエラー信号 TE を信号処理してトラッキング制御のための駆動信号をトラッキングサーボ駆動部 111 に出力する。トラッキングサーボ駆動部 111 は光ピックアップ 102 内のトラッキングアクチュエータを駆動して光ピックアップ 102 の対物レンズを半径方向に動かしてビームの位置を修正し、所定のトラックを追跡させる。

【0025】一方、デフォーカス判別部 107 はリードチャネル 2 信号を加工したトラッキングエラー信号 TE を用いてデフォーカスを検出する。このようなデフォーカスの検出はシステム初期化時にディスクの内周、外周の指定された多数の位置でそれぞれ行う。すなわち、ディスクが装填されると、まず指定された位置でデフォーカスのゼロであるデフォーカスオフセット値を探す。例えば、ディスクが装填されると、フォーカス制御、すなわちフォーカスサーボだけ動作させたフリーランニング

状態で RF 及びサーボエラー生成部 105 から RF 及びサーボエラー信号を生成した後、サーボエラー信号のうちトラッキングエラー信号 TE をデフォーカス判別部 107 へ出力する。すなわち、フォーカス制御は動作、かつトラッキング制御は不動作のフリーランニング状態で光ピックアップ 102 を固定させたまま光ディスク 101 だけを回転させると、ディスクの偏心によりトラッキングエラー信号 TE が検出される。

【0026】表 1 は、チルトゼロ（つまり、メカニズム 0）状態でフォーカス制御は動作、かつトラッキング制御を不動作とした状態でデフォーカスオフセットに応じて変わるトラッキングエラー信号のレベルの変化を示している。

【表 1】

表 1

デフォーカスの オフセット	TE レベル [TEvpp]
0.0	
1.0	5.1
2.0	9.0
3.0	11.3
4.0	13.3
5.0	15.1
6.0	14.0
7.0	13.5
8.0	9.7
9.0	5.7
10.0	2.7

【0027】図 4 は表 1 をグラフに示す図であり、トラッキングエラー信号 TE のレベル TE v p p はデフォーカスされていない場合、つまり正フォーカス状態で最大となり、デフォーカスされている程度に比例してその大きさが小さくなる。例えば、上記表 1 が指定された位置であると見なすと、デフォーカスオフセット量の 5.0 の地点がデフォーカスゼロの地点になる。

【0028】すなわち、デフォーカス判別部 107 は、指定された位置でデフォーカスオフセットを変化させながらトラッキングエラー信号のレベル TE v p p を検出して最大となる時点をフォーカスされたと判定し、この時のトラッキングエラー信号のレベル TE v p p とデフォーカスオフセット量を記憶する。かかる過程を指定された多数個のディスク位置でそれぞれ行う。

【0029】以下、指定された特定位置でのデフォーカス検出方法をさらに詳細に説明する。すなわち、デフォーカス判別部 107 のレベル検出部 107-2 はトラッ



キングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  を検出してデフォーカス検出部 107-3 に出力し、デフォーカス検出部 107-3 は上記した過程でデフォーカスオフセットを変化させながらトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  の最大となる時点のデフォーカスオフセット量を検出する。そして、この時のトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$ 、デフォーカスオフセット量を記憶する。

【0030】その際、トラッキングエラー信号は図 4 に示すようにデフォーカスオフセットに応じて歪み、非対称となる。例えば、デフォーカスオフセットが 6 以下ではちいさくなるほどトラッキングエラー信号の波形がアンバランスになることが分かる。したがって、トラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  の平均値を求めた後、この平均値でデフォーカスオフセット量を検出すると、短い時間にデフォーカスのない位置、つまり正フォーカス位置を検出することができる。これはその平均値によって歪まない位置のみでフォーカス制御が行われるからである。その際、LPF 107-1 でトラッキングエラー信号  $TE$  をフィルタリングすると、トラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  の平均値を検出することができる。歪みのほとんどない場合には平均値に当たる波形は直線に近い。

【0031】図 5 a ~ 図 5 e はフォーカス制御が動作し、かつトラッキング制御は不動作のフリーランニング状態で検出されるトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  がデフォーカスオフセットに応じて変わる例を示している。図 5 c のトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  が最も大きいのでこの時をフォーカスされたと判定し、該当するトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  とデフォーカスオフセット量を記憶する。図 5 d には LPF 107-1 の出力、つまりトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  の平均値を示しており、ひどく歪んでいることが分かる。したがって、デフォーカスオフセットよりも小さくなる方向へはフォーカス制御が行われない。

【0032】かかる過程を指定された多数の位置でそれぞれ行って、各位置でのフォーカスされた状態に該当するトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  とデフォーカスオフセット量をテーブル化して記憶する。その際、各位置毎のトラッキングエラー信号のレベル  $TE_{vpp}$  の最大となるデフォーカスオフセット量は殆ど同じであるが、同一ではない。これはディスク位置偏差（例えば、反射率、記録媒質特性）が少しずつ異なるためである。そして、上記過程をランドとグループでそれぞれ行って 2 つのデフォーカスオフセット量を比較すると、ランドとグループ間のフォーカスオフセットの差が分かる。この後、実際のデータ記録／再生時に指定された該当位置に到達すると、その位置で記憶されたデフォーカスオフセット量でフォーカス制御を行う。

【0033】すなわち、サーボ制御部 109 はシーク等のトラックジャンプ或いは実際のデータ記録／再生中に予め設定した位置で記憶されたデフォーカスオフセット量に該当するフォーカス駆動信号を生成し、フォーカスサーボ駆動部 110 はそのフォーカス駆動信号に基づいて光ピックアップ内のフォーカスアクチュエータを駆動させる。例えば、実際にデータを記録／再生する場合、指定された特定位置でトラッキングエラー信号のレベルとデフォーカスオフセット値を求めた後、予めフリーランニング状態で記憶したトラッキングエラー信号のレベルとデフォーカスオフセット値をそれぞれ比較して、その差だけトラッキングエラー信号のレベルが最大となる方に補償すればよい。したがって、トラックジャンプ時或いは実際に記録／再生しているときにフォーカスされた状態を探す時間を短縮させることができ、これによりフォーカス制御を早く安定させることができるので、データの記録／再生を正確に行うことができる。

【0034】一方、本発明の実施形態ではシステム初期化時にフォーカスされた状態になるデフォーカスオフセット値を検出したが、これはディスクの種類に応じて変わる。例えば、ランダムアクセスを行う DVD-RAM では制御の速い安定化が大切なので、上記のようにシステム初期化時に予め行って正フォーカス時のデフォーカスオフセット量を記憶した後、実際の記録／再生中にその記憶された値でフォーカス制御を行うことが効果的であり、シリアルアクセスを行う DVD-R や DVD-RW では記録が少し遅くなっても良いので、実際の記録／再生中に上記過程でデフォーカスオフセットを変化させて正フォーカスとなるデフォーカスオフセット量を検出してフォーカス制御を行う。

【0035】一方、本発明ではチルトも検出できる。チルトはフリーランニング状態で検出し、デフォーカスはゼロでなければならない。すなわち、フォーカスされた状態でなければならない。このとき、デフォーカスゼロを判別する方法は上記したデフォーカス検出方法を利用すればよい。すなわち、上記方法で該当位置でデフォーカスゼロの時点を探した後、その時点でチルトを検出すればよい。本発明ではチルトの検出の例を第 1、第 2 実施形態に分けて説明する。この時のデフォーカスゼロの状態の検出は上記したデフォーカス検出方法を用いる。

#### 【0036】第 1 実施形態

本発明の第 1 実施形態でのチルトの検出は、システム初期化時にディスクの内周、外周の指定された多数の位置でそれぞれ行う。例えば、ディスクが装填されると、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態で RF 及びサーボエラー生成部 105 はトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号を検出してチルト検出部 108 とサーボ制御部 109 に出力する。すなわち、フォーカス制御は動作かつトラッキング制御は不動作のままの状態に光ピックアップ 102 を固定させて光ディスク

101だけ回転させると、ディスクの偏心によりトラッキングエラー信号が検出される。

【0037】図6ないし図8はフォーカス及びトラックのオフセットが固定された状態でフォーカス制御だけ動作させて、トラッキング制御は不動作のままフリーランニング状態で検出されるトラッキングエラー信号とフォーカスエラー信号がチルトに応じて変わる例を示している。aはフォーカスエラー信号から検出されるエンベロープ波形FE v p pと基準レベルとの関係を示しており、bはトラッキングエラー信号のレベルTE v p pの

変化を示している。すなわち、図6bのようにトラッキングエラー信号のレベルが最も大きく、かつaのフォーカスエラー信号と基準レベルとの差が予め設定した範囲内にあれば、チルトのない場合、例えばチルトゼロと判定する。

【0038】ここで、前記aのフォーカスエラー信号のエンベロープ波形FE v p pはフォーカスエラー信号をローパスフィルタリング、或いはフォーカスエラー信号のピークをホールドして求めることができる。そして、基準レベルはグラウンド電位或いは正フォーカス位置のDCレベル（例えば2Vまたは2.5V）である。したがって、チルト検出部108はデフォーカス判別部107のLPF107-1からフォーカスエラー信号のエンベロープ波形を与えられることもできる。又、基準レベルはデフォーカス検出部107-3の出力から分かる。もしチルトの方向を検出するための範囲を $V_{LOW}$ と $V_{HIGH}$ と設定する場合、図6aのフォーカスエラー信号と基準レベルとの電位差 $V_{FE}$ が上記範囲内にあれば（ $V_{LOW} \leq V_{FE} \leq V_{HIGH}$ ）、bのトラッキングエラー信号のレベルも最大となり、この時のチルトがゼロである。

【0039】一方、図7及び図8はチルトのある場合である。図7aはフォーカスエラー信号のエンベロープと基準レベルとの差 $V_{FE}$ が小さくなり、図8aはフォーカスエラー信号のエンベロープと基準レベルとの差 $V_{FE}$ が大きくなることが分かる。すなわち、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差が予め設定した範囲 $V_{LOW}$ 、 $V_{HIGH}$ から外れている。また、図7bと図8bを見ると、図6bに比べてトラッキングエラー信号レベルTE v p pが小さいことが分かる。すなわち、最大でないことを意味する。結局、図7及び図8ではチルトが発生していることが分かる。

【0040】したがって、該当位置でチルトを調整しながらトラッキングエラー信号のレベルTE v p pが最大でかつフォーカスエラー信号と基準レベルとの差値が予め設定した範囲 $V_{LOW}$ 、 $V_{HIGH}$ 内にあるかを判別する。その際、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差によりチルトの方向が分かる。すなわち、ディスクが正常状態の時よりも下方に傾いたか上方に傾いたかが分かる。したがって、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差が、予め設定した範囲 $V_{LOW}$ よりも小さい場合には大き

くなる方向に、 $V_{HIGH}$ よりも大きい場合には小さくなる方向にチルトを調整し、トラッキングエラー信号のレベルTE v p pが最大となるまで調整すればよい。すなわち、トラッキングエラー信号のレベルTE v p pによりチルトの大きさが分かる。

【0041】このように、チルト検出部108はチルトの方向及び大きさを検出してサーボ制御部109に出力し、サーボ制御部109はチルトの大きさ及び方向に該当するチルト駆動信号を発生させてチルト駆動部112に出力する。チルト駆動部112はチルト駆動信号に基づいてチルトの大きさだけ+または-方向にディスクを移動、或いは光ピックアップを移動させることでチルトを直接制御する。

【0042】上記過程で該当位置でチルトを調整してトラッキングエラー信号のレベルTE v p pが最大でかつフォーカスエラー信号と基準レベルとの差が予め設定した範囲 $V_{LOW}$ 、 $V_{HIGH}$ 内に入ると、その時のトラッキングエラー信号のレベルTE v p p、そしてフォーカスエラー信号と基準レベルとの差を該当位置での基準値としてそれぞれ記憶する。かかる過程を指定された多数の位置でそれぞれ行って各位置での基準値を検出し、これをテーブル化する。この後、トラックジャンプ等のサーチ（又はシーク）又は実際のデータ記録/再生時に該当位置に到達すると、その位置で現在のトラッキングエラー信号のレベルTE v p pとフォーカスエラー信号と基準レベルとの差をそれぞれ求めた後、テーブル化された該当位置の基準値とを比較してチルトを検出して調整する。

【0043】例えば、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差として前記位置で記憶された基準値を $V_{REF1}$ とし、トラッキングエラー信号のレベルTE v p pとして記憶された基準値を $V_{REF2}$ とすると、データの記録/再生又はサーチ時に該当位置で検出されるフォーカスエラー信号と基準レベルとの差を基準値 $V_{REF1}$ と比較して現在のチルトの方向を知る。また、前記位置で検出されるトラッキングエラー信号のレベルTE v p pを基準値 $V_{REF2}$ と比較して現在のチルトの大きさを知る。

【0044】すなわち、フォーカスエラー信号と基準レベルとの差の値-基準値 $V_{REF1}$ を $\alpha$ とすると、 $\alpha$ の符号がチルトの方向になり、トラッキングエラー信号のレベルTE v p p-基準値 $V_{REF2}$ を $\beta$ とすると、 $\beta$ の値がチルトの大きさとなる。したがって、前記 $\alpha$ の符号が-であれば+方向に $\beta$ だけ補償し、 $\alpha$ の符号が+であれば-方向に $\beta$ だけチルトを補償すればよい。このような過程は設定された該当位置で同一に適用される。

【0045】したがって、サーボ制御部109は、実際のデータ記録/再生中に或いはトラックジャンプ等のサーチ時に予め設定した位置で調整された値でチルトの大きさ及び方向を制御することにより、チルトを検出して調節する時間を短縮させることができ、制御を早く安定

15

化させてリアルタイム制御を可能にする。

#### 【0046】第2実施形態

本発明の第2実施形態でもチルトの検出はシステム初期化時にフリーランニング状態で行う。すなわち、ディスクが装填されると、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態でRF及びサーボエラー生成部105はトラッキングエラー信号を検出し、チルト制御部108及びサーボ制御部109に出力する。このとき、チルトのない場合には図9aに示すようにトラッキングエラー信号のセンタ値が内周と外周とで同一の値を有する。チルトのある場合には図9bに示すようにトラッキングエラー信号のセンタオフセットが発生する。すなわち、チルトにより内周と外周で検出されるトラッキングエラー信号のセンタレベルが異なる。したがって、フリーランニング状態で外周と外周の特定位置でのトラッキングエラー信号のセンタ値を検出し、検出された2つのセンタ値の差を求めることで、チルトの大きさと方向が分かる。内周で求めたトラッキングエラー信号のセンタ値と外周で求めたトラッキングエラー信号のセンタ値との差を $\gamma$ とすると、 $\gamma$ の値でチルトの大きさがわかり、 $\gamma$ の符号でチルトの方向が分かる。したがって、 $\gamma$ の符号が-であれば+方向に $\gamma$ だけチルトを補償すればよく、 $\gamma$ の符号が+であれば-方向に $\gamma$ だけチルトを補償すればよい。すなわち、チルト量を減少させる方向に補償してチルトゼロになるようにする。そして、チルトゼロと検出された時のトラッキングエラー信号のセンタレベルとセンタオフセットを記憶する。

【0047】すなわち、チルト検出部108は上記方法でチルトの大きさ及び方向を求めてサーボ制御部109に出力し、サーボ制御部109は検出されたチルトの大きさ及び方向を信号処理してチルト駆動信号に変換してチルト駆動部112に出力する。チルト駆動部112はチルト駆動信号に基づいてチルトの大きさだけ+又は-方向にディスクを移動、或いは光ピックアップを移動させることでチルトを直接制御する。さらに、ディスク上の多数の位置で上記方法でチルトを検出すると、ディスクの傾いた軌跡を作ることができ、これからディスク全体のチルトを抽出することができる。

【0048】このとき、本発明は上記方法で各位置で求めたチルトの大きさと方向を記憶した後、トラックジャンプ等のサーチ（又はシーク）又は実際のデータ記録／再生時に該当位置に到達したとき、その位置で記憶されたチルト量が減少する方向にチルトを調節すると、その位置で別にチルトを検出する時間を必要としない。これは制御を早く安定化させてリアルタイム記録を可能にする。

【0049】このように、本発明では、チルト調整または制御を行う際、上記方法のうちいずれか一つで光軸とディスク面との間のチルト量を検出して調整することができる。この際、本発明はデフォーカスとチルトとを別

16

々に検出するのでなく、指定された特定位置でフリーランニング状態でデフォーカスゼロ状態を探した後、次いでチルトを検出してチルトゼロとなるように調整した後、調整された値とデフォーカスゼロ状態のデフォーカスオフセット値を記憶する。かかる過程を指定された多数の位置でそれぞれ行くと、ディスクのデフォーカスとチルトの軌跡を作ることができ、これからディスクの全体デフォーカスとチルトを抽出することができる。さらに、トラックジャンプ等のサーチ（又はシーク）又は実際のデータ記録／再生時に該当位置に到達すると、その位置で軌跡の反対方向にチルトとデフォーカスを制御すればよい。

【0050】図3は一実施形態であり、チルトの検出及び補償は第1実施形態を例にとっている。すなわち、ディスクが装填されると（段階301）、上記方法で指定された初期位置でデフォーカスのゼロを探し（段階302）、この時のトラッキングエラー信号のレベル $TE_{vpp}$ 、フォーカスエラー信号のレベル $FE_{vpp}$ 、そしてデフォーカスオフセット値を基準値として記憶する（段階303）。そして、指定された位置が全部完了したか判断した後（段階304）、完了してない場合には指定された次の位置へ移動する（段階305）。次いで、移動した位置で再び上記方法でデフォーカスオフセット値を変化させながらトラッキングエラー信号のレベル $TE_{vpp}$ の最大値の位置を探す。この際、トラッキングエラー信号のレベル $TE_{vpp}$ の最大値の位置を探したら、再びトラッキングエラー信号のレベルとフォーカスエラー信号を用いてチルトの大きさ及び方向を検出する。そして、チルト制御を制御してチルトゼロに調整する。この後、デフォーカスオフセット値、トラッキングエラー信号のレベル $TE_{vpp}$ 値、フォーカスエラー信号のレベル値 $FE_{vpp}$ を基準値として記憶する（段階306）。上記のような過程で指定された全ての位置でのデフォーカスゼロ、チルトゼロに対する情報を検出して記憶すると、その記憶された基準値を用いてチルト及びデフォーカスの軌跡を計算する（段階307）。そして、トラックジャンプ等のサーチ（又はシーク）又は実際のデータ記録／再生時に該当位置に到達すると、軌跡の反対方向にチルトとデフォーカスを制御する（段階308）。すなわち、該当位置で求めたトラッキングエラー信号のレベル $TE_{vpp}$ が基準値として記憶されたトラッキングエラー信号のレベルのマージン内に入るようにチルトとデフォーカスを制御する。さらに、チルトの制御時に該当位置で求めたフォーカスエラー信号のレベルと基準レベルとの差の値も記憶された基準値のマージン内に入らなければならない。この際、まず該当位置でチルトを検出して補償する。その後、デフォーカスを補償して微細調整を行う。すなわち、デフォーカスオフセットはチルト調整後の検証用として用いることができる。



17

## 【0051】

【発明の効果】以上のように本発明に係る光記録媒体の記録再生方法によれば、フォーカス制御だけ動作させたフリーランニング状態でディスクの内周と外周の多数の位置でトラッキングエラー信号のレベルが最大となるときのデフォーカスオフセット量、この時のチルトの方向及び大きさを検出してチルトを調整し、調整した値をマップ状態で記憶し、実際の記録／再生時に該当位置で記憶された値を用いてチルトとフォーカス制御を行うことにより、記録及び再生時にチルト及びデフォーカスに起因するデータの品質低下を防止し、フォーカス制御を早く安定化させてリアルタイム記録を可能にし、システムを安定的に動作させることができる。さらに、サーチ又はシーク時に制御を早く安定させて該当トラックを探すことができ、高密度の光ディスクで別の受光素子を用いずに安定的に正確にチルトを検出して補償することができる。そして、記録／再生時にチルトに起因するデータの品質低下を防止し、チルトに起因するデトラックを防止してシステムを安定的に動作させる効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施形態に係る光記録媒体の記録再生装置の構成ブロック図。

【図2】図1の光検出器の一例を示す図。

【図3】本発明実施形態に係る光記録媒体の記録再生方法の一実施形態を示す流れ図。

【図4】フリーランニング状態でデフォーカスオフセットの変化によってトラッキングエラー信号のレベルが変

18

化する例を示すグラフ。

## 【図5a】～

【図5e】デフォーカスオフセットの変化によるトラッキングエラー信号のレベルの変化を示す波形図。

【図6】フリーランニング状態で検出されるフォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号がチルトに応じて変わる例を示す図。

【図7】フリーランニング状態で検出されるフォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号がチルトに応じて変わる例を示す図。

【図8】フリーランニング状態で検出されるフォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号がチルトに応じて変わる例を示す図。

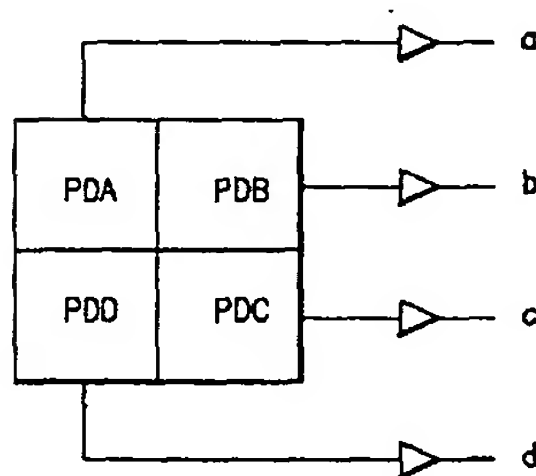
【図9a】フリーランニング状態でチルトに応じてトラックセンタオフセットが変わるトラッキングエラー信号の例を示す図。

【図9b】フリーランニング状態でチルトに応じてトラックセンタオフセットが変わるトラッキングエラー信号の例を示す図。

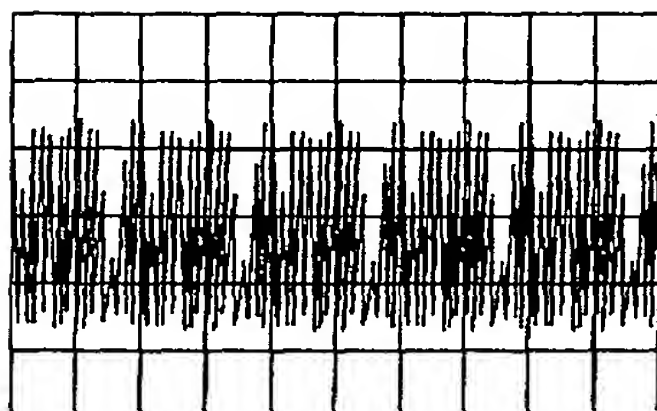
## 20 【符号の説明】

101 ディスク、102 光ピックアップ、103 エンコーダ、104 LD駆動部、105 RF及びサーボエラー生成部、106 データデコーダ、107 デフォーカス判別部、108 チルト検出部、109 サーボ制御部、110 フォーカスサーボ駆動部、111 トラッキングサーボ駆動部、112 チルト駆動部

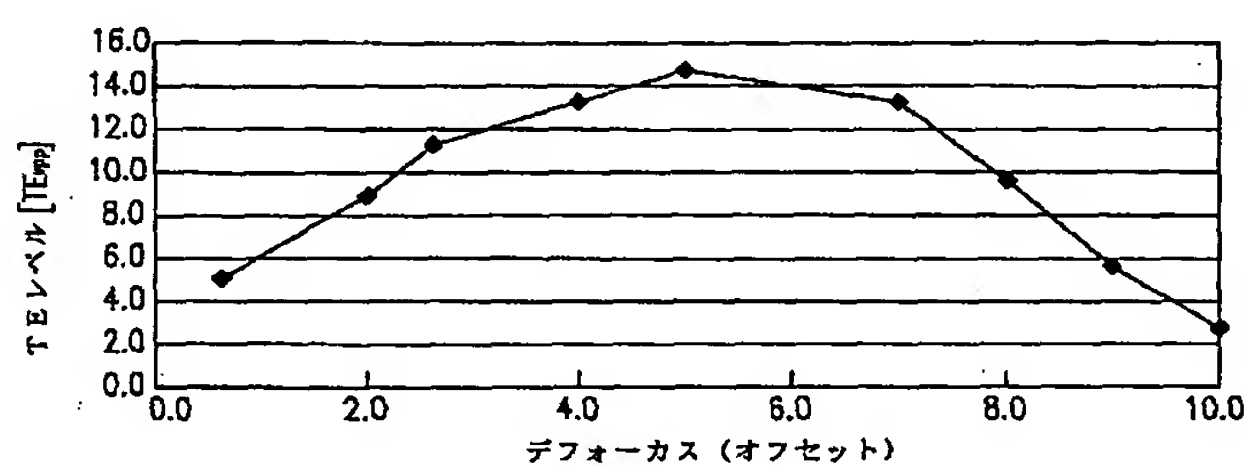
【図2】



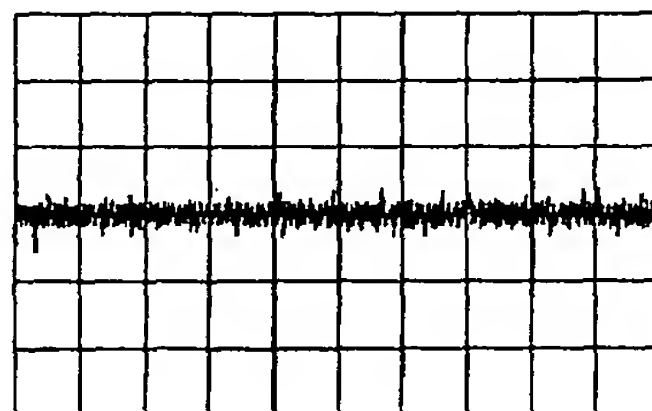
【図5c】



【図4】

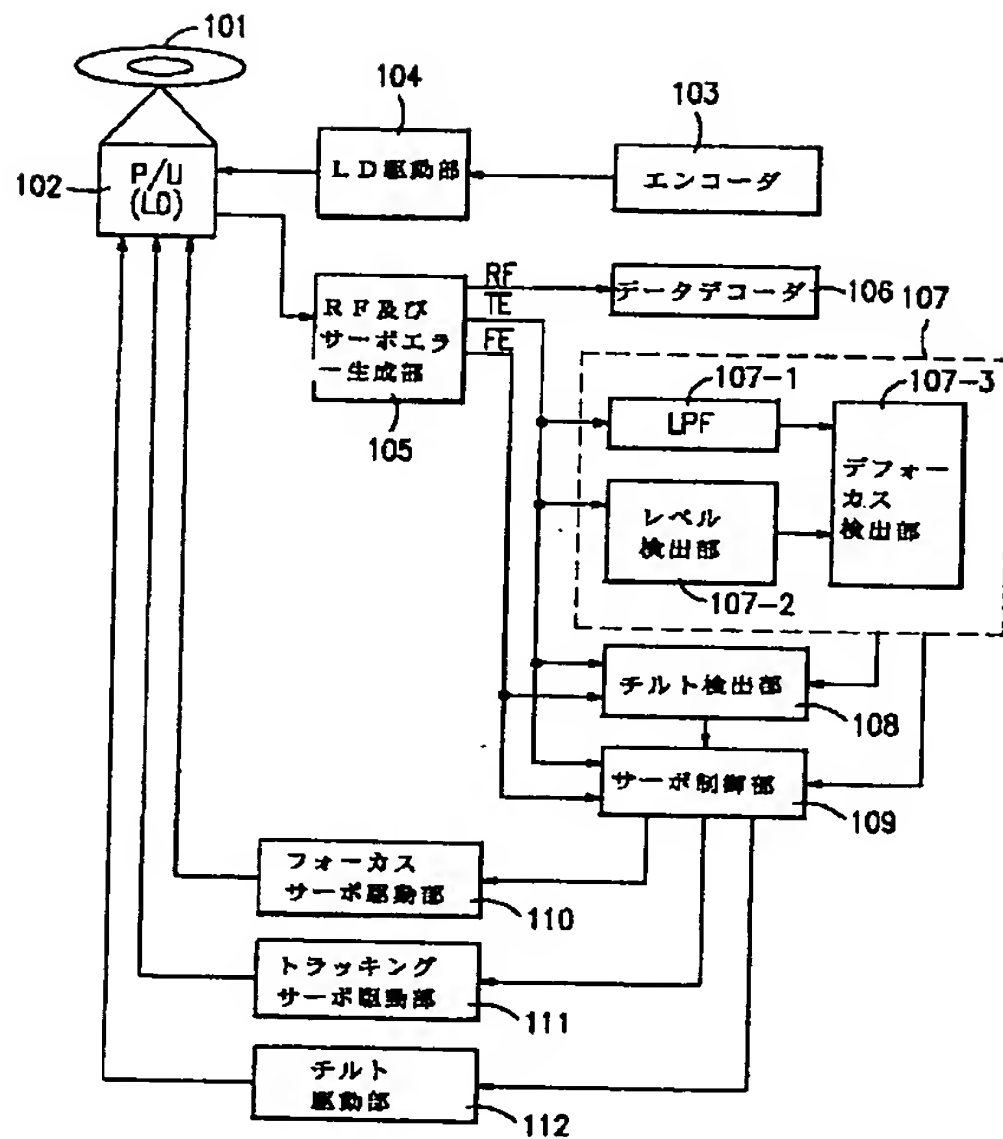


【図5e】

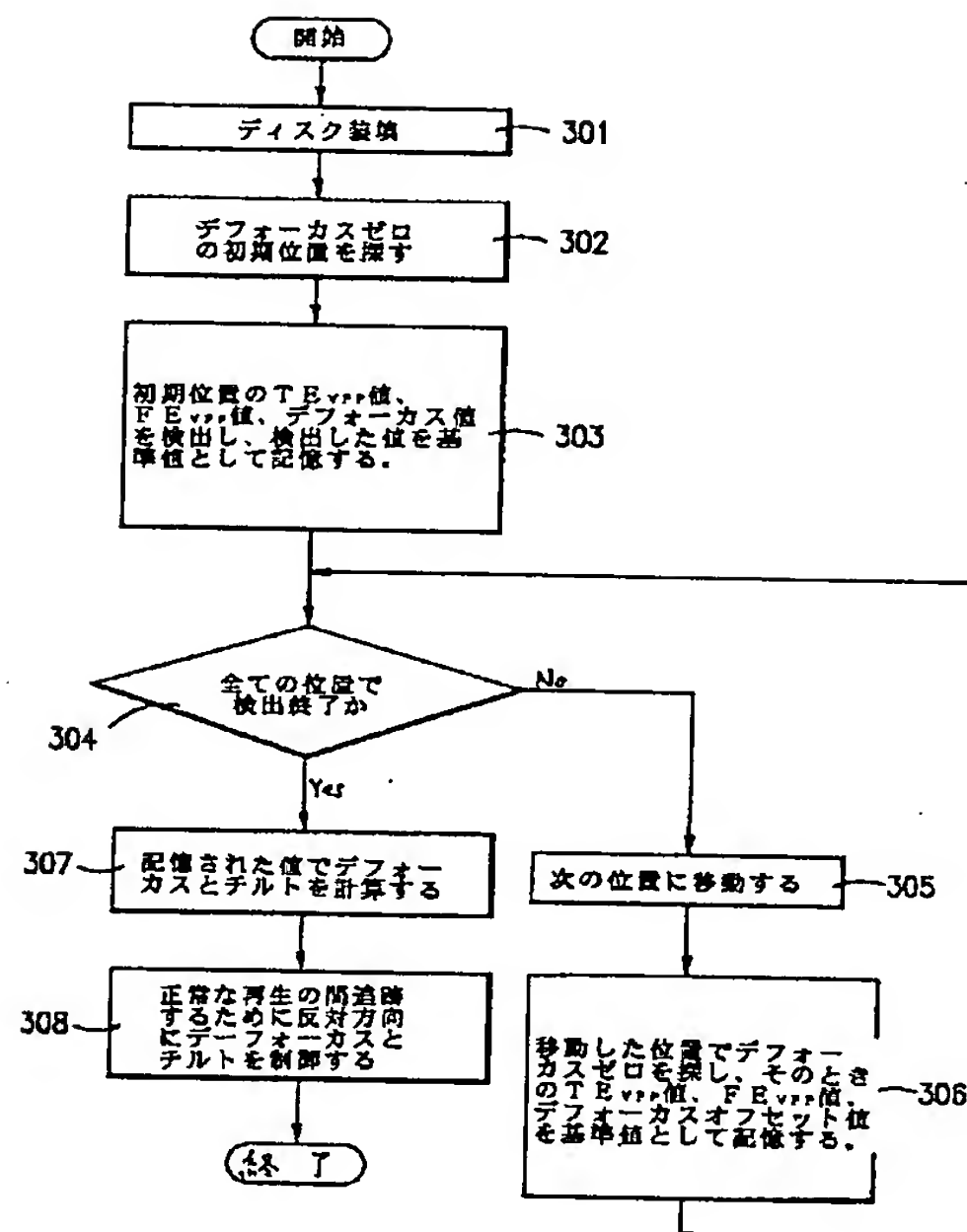




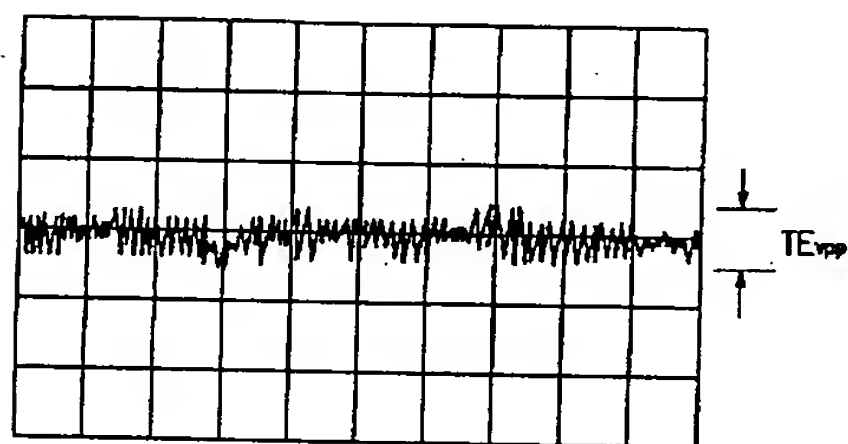
【図1】



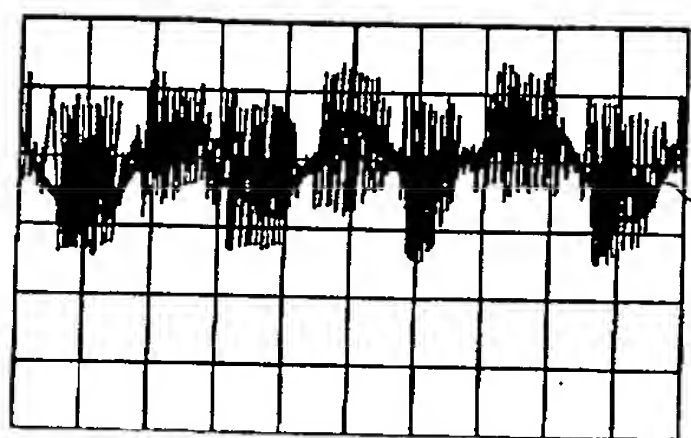
【図3】



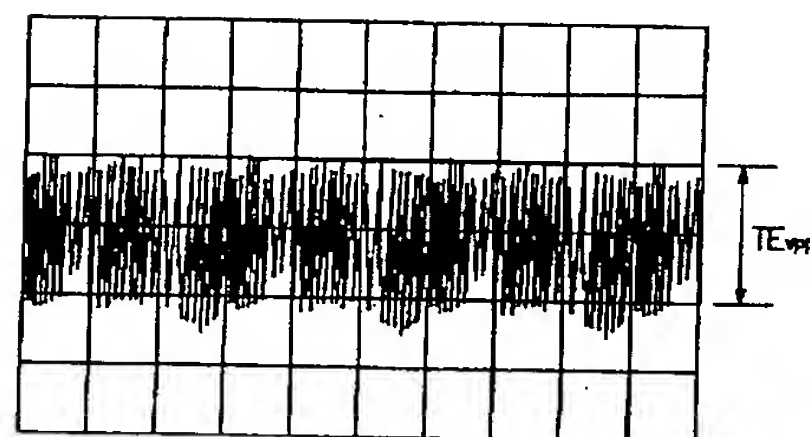
【図5 a】



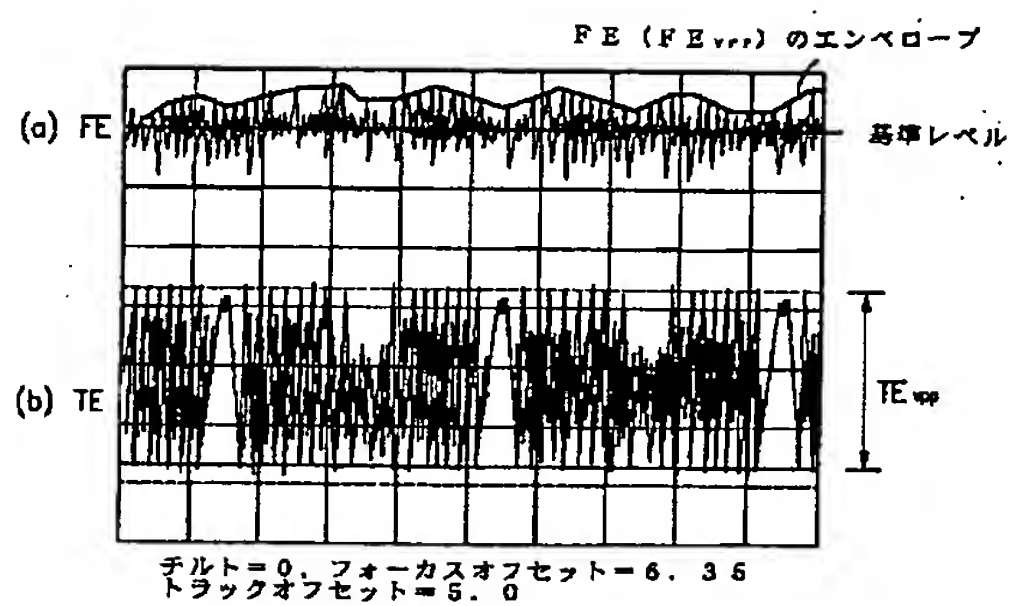
【図5 d】



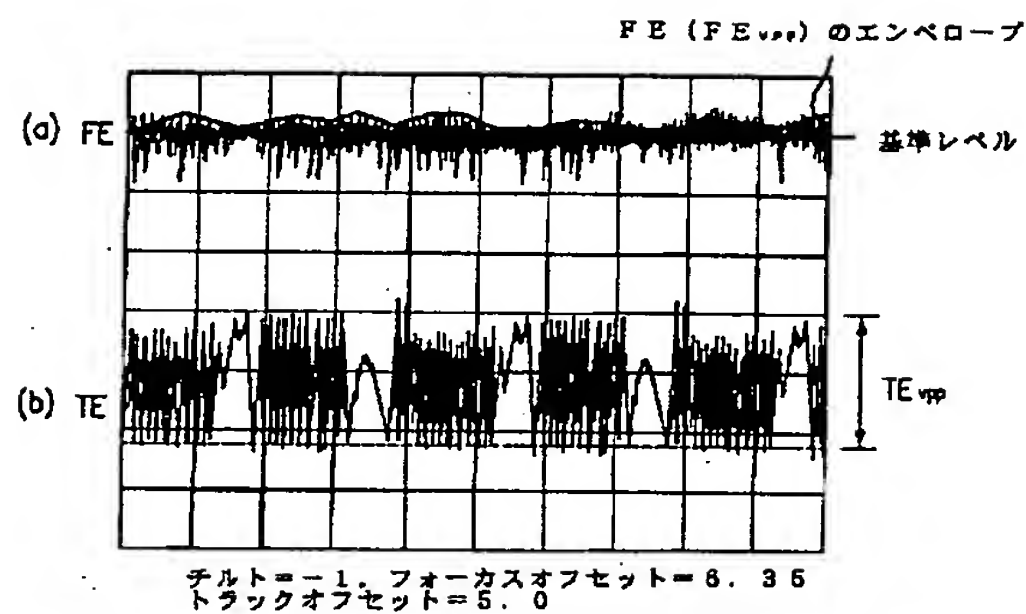
【図5 b】



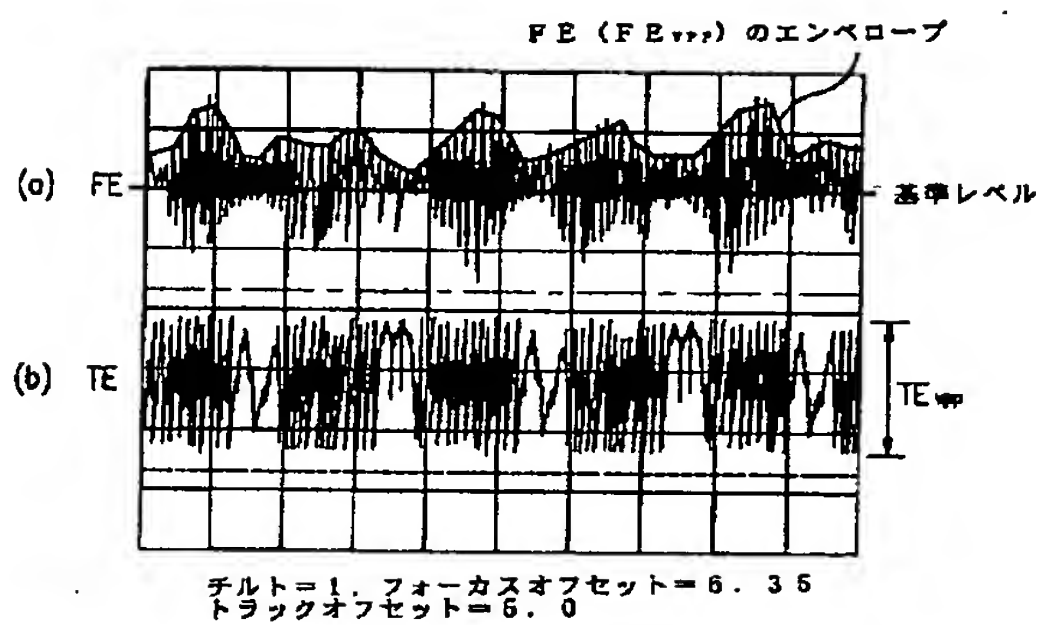
【図 6】



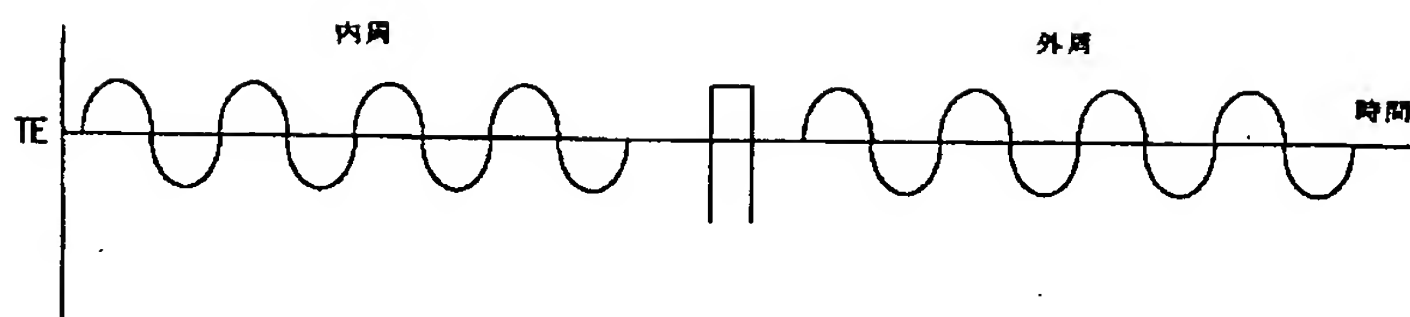
【図 7】



【図 8】



【図 9 a】



【図 9 b】

